

Pt におけるスピ^ン・軌道ホール効果
に関する研究

2024 年度

森谷 裕幸

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	Ⓐ 乙 第	号	氏 名	森谷 裕幸
主 論 文 題 名： Pt におけるスピン・軌道ホール効果に関する研究				
(内容の要旨) スピントロニクスの研究ではスピン角運動量の流れであるスピン流に関する量子物性の解明が重要な課題のひとつであり、物質中のスピン軌道相互作用を起源とするスピン流生成現象である異常ホール効果とスピンホール効果が注目を集めてきた。さらに近年では電子の軌道角運動量の流れである軌道流生成現象である軌道ホール効果の観測が軽金属で観測されたことを端として、軌道流量子物性の探索が行われ始めている。本研究では巨大なスピン軌道相互作用を有することからスピントロニクス分野で研究対象の中心となってきた Pt を用いて上記のスピン流・軌道流生成現象や輸送メカニズムの解明に際して新たな知見を与えることを目的としている。 本論文は全 7 章により構成される。第 1 章では序論として、スピントロニクス発展の経緯と本研究の目的について説明する。第 2 章では電子の有するスピン角運動量、軌道角運動量やこれら角運動量生成現象であるスピンホール効果、軌道ホール効果など本研究での前提知識となる理論、現象について説明する。第 3 章では、本研究における実験・解析方法について説明する。第 4 章では Co/Pt 二層膜構造と Co/TiN/Pt 二層膜構造における電流誘起トルクの比較から Co/Pt 界面における電流誘起トルクの寄与が存在し、TiN を挿入することにより界面寄与が低下することが明らかとなった。このことから強磁性/常磁性二層膜構造における電流誘起トルクから常磁性体のスピンホール効果を評価する際に界面寄与の評価も重要となることを提示した。第 5 章では酸化により絶縁化した Pt 薄膜のスピンホール効果を強磁性体/TiN/Pt 三層膜構造における電流誘起トルクから評価した。従来まで明らかとされていなかった絶縁領域でのスピンホール効果の系統的な観測によりスピンホール効果が異常ホール効果と同様のスケールリング則を絶縁領域でも有しており両効果が共通の起源により発現している可能性を明らかにした。第 6 章では Pt における電流-スピン変換現象を Fe/Pt ならびに Ni/Pt 二層膜構造での電流誘起トルクから評価した。Ni/Pt 構造では Fe/Pt 構造では発現しない Pt 膜厚増大に伴う電流誘起トルク効率の増大の振る舞いが観測され、Pt 中から生じている軌道ホール効果の寄与であることを示している。第 7 章では第 4 章から第 6 章までの研究により得られた成果を総括して説明する。				

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	☒ “KOU” ☐ “OTSU” No. _____ *Office use only	Name	Hiroyuki Moriya
Thesis Title A Study on Spin and Orbital Hall Effect in Pt			
Thesis Summary In spintronics research, one of the most important issues is the elucidation of quantum physical properties related to spin current, which is the flow of spin angular momentum. Anomalous Hall effect and spin Hall effect, which are spin current generation phenomena originating from spin-orbit interaction in materials, have attracted much attention. In recent years, the orbital Hall effect, which is an orbital angular momentum flow generation phenomenon, has been observed in light metals, and this phenomenon is starting to be actively explored. In this study, we aim to provide new insights into the above-mentioned spin and orbital flow generation phenomena and transport mechanisms using Pt, which has been the main research target in the field of spintronics due to its huge spin-orbit interaction. This thesis consists of seven chapters. In Chapter 1, as an introduction, the history of the development of spintronics and the purpose of this study are explained. Chapter 2 provides the basic information about spin/orbital angular momentum of electrons and spin/orbital Hall effect. Chapter 3 describes the experimental and analytical method utilized in this study. Chapter 4 shows that the Co/Pt interface generates sizable spin-orbit torque and this contribution can be suppressed by inserting a TiN layer. This suggests that the evaluation of the interface contribution is also important when considering the spin Hall effect in paramagnetic materials based on the current-induced torque in ferromagnetic/paramagnetic bilayers. Chapter 5 discusses the spin Hall effect in the insulating regime by oxidizing the Pt layer. Systematic observation of the spin Hall effect revealed that the spin Hall effect has the same scaling law in the disordered system as the anomalous Hall effect. This suggests that both effects caused by common origins. Chapter 6 focuses the current-spin conversion phenomenon in Pt evaluated from the current-induced torque in Fe/Pt and Ni/Pt bilayers, and the increase in current-induced torque efficiency with increasing Pt film thickness is observed in the Ni/Pt structure, which is not observed in the Fe/Pt structure, indicating that this long-range torque is caused by the orbital Hall effect in Pt. Chapter 7 shows a wider outlook on this thesis.			